



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Menurut penelitian Wijayanto (2017) yang berjudul Analisis Pemanfaatan Potensi Kulong Pasca Penambangan di Bangka Tengah menyatakan bahwa terdapat 175 buah kulong di Kabupaten Bangka Tengah, dimana jumlah kulong ini dapat bertambah dikarenakan banyaknya penambangan rakyat atau tambang inkonvensional (TI). Jumlah kulong ini tidak sebanding dengan jumlah reklamasi yang dilakukan, sehingga menyisakan kulong-kulong yang tidak terurus dan menimbulkan permasalahan yang baru. Untuk itu perlu dilakukan analisis pemanfaatan potensi kulong pasca penambangan sehingga dapat meningkatkan pemanfaatan potensi kulong secara optimal. Penetapan potensi kulong dilakukan dengan analisis ketersediaan air dengan model NRECA berdasarkan data curah hujan dan evapotranspirasi selama 10 tahun (2007-2016), serta melakukan analisis SWOT dengan metode matrik SWOT. Penelitian ini dilakukan di 6 Kecamatan yakni Kecamatan Koba, Kecamatan Lubuk Besar, Kecamatan Namang Kecamatan Simpang Katis, Kecamatan Sungai Selan dan Kecamatan Pangkalan Baru. Dari 6 kecamatan tersebut, 9 kulong dijadikan objek penelitian yaitu Kulong Jeruk, Kulong Air Kerasak, Kulong Muis, kulong Tebat, Kulong Ali, Kulong Jarak, Kulong Air Rumbia, Kulong Blok I dan Kulong Mentabak. Dari hasil analisis model NRECA didapatkan volume tampungan permukaan terkecil yaitu pada Kulong Jeruk sebesar 8.108,4 m dan volume tampungan terbesar terjadi pada Kulong Ali sebesar 292921,9 m. Potensi kulong yang cocok untuk di terapkan di Kabupaten Bangka Tengah diantaranya sebagai sumber air baku, pariwisata, budidaya perikanan dan wisata pendidikan.

Syawaludin (2017) dalam penelitiannya yang berjudul Studi Keandalan Tampungan Kulong Babi Sebagai Sumber Cadangan Air Baku Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Sejiran Setason Kecamatan Muntok melakukan analisis untuk mengetahui kemampuan air pada tampungan kulong dalam memenuhi Kebutuhan air baku penduduk Kecamatan Muntok. Analisis Kulong Babi

menggunakan Model NRECA dengan berdasarkan data curah hujan dan evapotranspirasi selama 10 tahun (2006 – 2015), dengan total debit rerata sebesar 0,482 MCM debit maksimum sebesar 0,139 MCM terjadi pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 0,02 MCM. Adapun ketersediaan air pada Kulong Babi 10 tahun kedepan (2016-2025) dianalisis dengan simulasi debit bangkitan Model Markov, diperoleh total debit rerata untuk 10 tahun kedepan sebesar 0,648 MCM dengan debit maksimum sebesar 0,173 MCM pada bulan Januari dan debit minimum sebesar 0,003 MCM pada bulan Agustus. Hasil dibandingkan dengan metode aturan operasi standar pada beberapa kondisi target pelepasan/*release*, didapat dengan rilis 5% mencapai tingkat lisan 98% dengan kemampuan debit optimum 397 liter/detik, dan juga kebutuhan air baku 3.317 jiwa penduduk dari total jumlah penduduk sebanyak 66.336 jiwa. Hasil tersebut merupakan rilis yang optimal, maka dapat disimpulkan bahwa debit optimum tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan air baku seluruh penduduk Kecamatan Muntok untuk tahun 2016 sampai tahun 2025.

Penelitian lain tentang analisis ketersediaan air yaitu Purwanto, dkk (2017) melakukan penelitian yang berjudul analisis ketersediaan air embung Tambakboyo Sleman DIY menjelaskan bahwa air merupakan sumberdaya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup dan kegiatan komersial seperti pertanian, perikanan, air minum, industri dan usaha lainnya. Perkembangan suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan taraf hidupnya. Kecenderungan yang sering terjadi adalah adanya ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air sehingga menimbulkan terjadinya krisis air. Tujuan yang ingin dicapai dalam analisis ini adalah untuk mengetahui jumlah ketersediaan air Embung Tambakboyo sepanjang tahun. Metode analisis yang dilakukan meliputi pengumpulan data (debit, curah hujan, dan Peta Rupabuni Digital Indonesia), luas DAS, uji konsistensi, hujan wilayah, evapotranspirasi, simulasi FJ Mock, debit andalan, hujan andalan, hujan efektif, dan debit air masuk (*inflow*). Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air Embung Tambakboyo terjadi sepanjang tahun mulai dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember,

dengan jumlah tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 1.989,29 liter/detik dan terendah terjadi pada bulan Desember sebesar 36,12 liter/detik.

Utami (2016) tentang Analisis Ketersediaan Air dengan Menggunakan Gabungan Metode Mock dan Model Tank di Kali Samin Kabupaten Karanganyar menjelaskan bahwa keterbatasan data aliran merupakan kendala yang sering terjadi pada analisis ketersediaan air. Data aliran yang ada di Indonesia berkisar Keterbatasan data aliran merupakan kendala yang sering terjadi pada analisis ketersediaan air. Data aliran yang ada di Indonesia berkisar 2 - 4 tahun, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain stasiun hidrometri yang rusak karena banjir, longsor maupun ulah tangan manusia. Hal ini terjadi pula di daerah Jawa Tengah tepatnya di Kali Samin kabupaten karanganyar. Kali Samin menjadi salah satu sumber air untuk kebutuhan setiap harinya, Kali yang hulunya berada di Karanganyar dan hilirnya di Sukoharjo. Berdasarkan dari analisis data debit dan data hujan banyak yang sudah rusak, apalagi pernah terjadi kekeringan pada Kali Samin. Tujuan utama dari penelitian adalah menganalisa ketersediaan air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) menggunakan pendekatan model hujan aliran dengan menggabungkan model Mock dan Tangki untuk pembuatan algoritma hujan aliran. Salah satu model yang menggabungkan Model Mock dan Tangki adalah Model Hujan Aliran PLN-PPE 01. Dengan menghitung parameter-parameter yang mewakili kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kali Samin. Pada penelitian ini untuk mengkalibrasi rumus model hujan aliran dengan menggunakan cara trial error pada program Solver Basis Microsoft Excel. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: pertama, keandalan model hujan aliran yang sudah dikalibrasi selama 2 tahun menghasilkan jumlah *error* kuadrat sebesar 3139.350 m<sup>3</sup>/detik dan korelasi sebesar 0.736 antara debit tercatat dan debit model dan korelasi. Kedua, dari perhitungan parameter yang dikalibrasi menggunakan terapan model tersebut menghasilkan A1 = 0.019; A2 = 0.2957; B1 = 3.828; B2 = 0.702; PERCO = 1.2285 mm/hr; KAIN = 64.105 mm; KLAPANG = 23.12 mm; ATAMP1 = 26.407 mm; ATAMP2 = 298.99 mm; KTAMP2 = 40.021 mm; CRO = 0.8; CSRO = 0.8. Ketiga, ketersediaan air di Kali Samin dengan debit keandalan 80% yang

dihitung dengan rumus rangking dengan hasil volume sebesar 33459910272.00 m<sup>3</sup> dan untuk rumus Weibull mendapatkan hasil sebesar 33406653559.944 m<sup>3</sup> selama satu tahun.

Trimadya (2015) dalam penelitian yang berjudul analisis imbalan air Waduk Unit Metalurgi Timah Kecamatan Muntok menjelaskan bahwa Waduk Unit Metalurgi Timah Kecamatan Muntok merupakan waduk tadah hujan milik Unit Metalurgi PT.Timah.Tbk yang digunakan untuk kebutuhan air domestik kompleks perumahan dan industri metalurgi. Fenomena yang terjadi adalah waduk pernah mengalami kekeringan sehingga dilakukan analisis ketersediaan dan kebutuhan air agar dapat diketahui pemanfaatan air yang optimum. Analisis ketersediaan air waduk dengan menggunakan model NRECA berupa estimasi aliran air yang masuk ke dalam waduk selama 10 tahun (2005-2014). Ketersediaan air waduk untuk 10 tahun ke depan (2015 – 2024) diperoleh berdasarkan debit bangkitan model Markov yang selanjutnya menjadi data pada simulasi *Standard Operating Rule* (SOR). Simulasi SOR dilakukan untuk mengetahui debit optimum air waduk yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik perumahan dan industri 10 tahun ke depan. Hasil penelitian menunjukkan total debit rerata yang masuk ke waduk sebesar 1,462 MCM, debit maksimum sebesar 0,468 MCM, dan debit minimum sebesar 0,004 MCM. Total debit bangkitan rerata sebesar 1,549 MCM, debit maksimum sebesar 0,434 MCM, dan debit minimum sebesar 0,004 MCM. Imbalan air di waduk surplus sebesar 1,101 MCM dengan ketersediaan rata-rata sebesar 1,462 MCM, kebutuhan air total rata-rata sebesar 0,360 MCM. Target pelepasan 40% dengan keandalan 98% merupakan pelepasan optimal dengan tidak ada 3 kali kegagalan berurutan dan telah memenuhi estimasi kebutuhan air berdasarkan standar Puslitbang PU.

Menurut Syah (2014) melakukan penelitian yang berjudul Analisis Ketersediaan dan Pemanfaatan Air Kolong Simpur Kecamatan Pemali Mooring menyatakan penelitian ini bertujuan untuk menentukan besaran ketersediaan air Kolong Simpur dan nilai target *release* air Kolong Simpur yang dapat dimanfaatkan untuk air baku. Pada penelitian ini dilakukan estimasi aliran masuk ke dalam kolong didapat dengan melakukan analisis ketersediaan air dengan

model NRECA berdasarkan data hujan dan evapotranspirasi selama 10 tahun (2004 – 2013). Untuk mengetahui ketersediaan air pada kolong simpur 15 tahun (2014 – 2028) kedepan dilakukan simulasi debit bangkitan dengan metode markov untuk musim ganda. Selanjutnya, data debit bangkitan digunakan sebagai data aliran masuk pada simulasi *Standard Operating Rule (SOR)* dalam mengetahui keandalan kolong untuk 15 tahun kedepan. Dari simulasi SOR didapatkan nilai debit optimum air kolong yang dimanfaatkan untuk penelitian menunjukkan rerata debit yang masuk ke kolong maksimum adalah 0,262 MCM dan minimum 0,042 MCM. Debit bangkitan rerata bulanan maksimum 0,250 MCM dan minimum 0,078 MCM. Keandalan kolong 99% terjadi pada target pelepasan 52% dengan debit pengambilan maksimum 26 liter/detik. Analisis terhadap kebutuhan air domestik penduduk Kecamatan Pemali pada tahun 2028 ( $Q_{keb} > Q_{ket}$ ) atau debit optimum hanya bisa memenuhi 68% kebutuhan air domestik penduduk Pemali pada tahun 2028.

Menurut Salmani, dkk (2013) yang berjudul Analisa Ketersediaan Air Daerah Aliran Sungai Barito Hulu dengan Menggunakan Debit Hasil Perhitungan Metode NRECA yang dilatarbelakangi dengan Kabupaten Murung Raya yang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah yang berada di Pedalaman pulau kalimantan dan terletak di daerah khatulistiwa dengan ibukota Kabupaten di Kota Puruk Cahu. Sungai Barito Hulu merupakan induk dari beberapa anak sungai yang ada diwilayah kabupaten murung raya yaitu, Sungai Laung, Sungai Babuat, Sungai Joloi, Sungai Busang. Debit Sungai Barito Hulu pada saat ini dipergunakan untuk memenuhi berbagai macam sektor kebutuhan air disekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Barito Hulu yaitu di Puruk Cahu Kabupaten Murung Raya Ketersediaan air dihitung dengan metode Debit Andalan. Data yang diperlukan untuk analisa ketersediaan air adalah data debit sungai bulanan atau harian dengan periode waktu lebih besar dari 10 tahun, dimana data ini tidak ada sehingga dbit bulanan disimulasikan berdasarkan data hujan dan data evapotranspirasi potensial pada daerah penelitian dengan bantuan model matematik hubungan hujan-limpasan. Model hubungan hujan-debit dengan interval bulanan yang digunakan adalah NRECA. Dari Metode Ketersediaan

Air/Debit andalan DAS Barito Hulu menggunakan debit hasil perhitungan metode NRECA menunjukkan bahwa debit andalan 80% didapat rata-rata per bulan 349.853 m<sup>3</sup>/detik, dan 85% didapat rata-rata per bulan 261.675 m<sup>3</sup>/detik, Ketersediaan Air/Debit Andalan 90% didapat rata-rata per bulan 167.094 m<sup>3</sup>/detik. Ketersediaan air 95% didapat rata-rata per bulan 97.384 m<sup>3</sup>/detik, dan 99% didapat rata-rata per bulan 69.170 m<sup>3</sup>/detik.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Air Baku**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air, sumber daya air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat Indonesia dalam segala bidang. Dalam menghadapi ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air wajib dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup dan ekonomi secara selaras.

Masih menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, sumber daya air merupakan air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Sedangkan air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di lautan. Pengembangan sumber daya air pada wilayah sungai ditujukan untuk peningkatan kemanfaatan fungsi sumber daya air guna memenuhi kebutuhan air baku untuk rumah tangga, pertanian, industri, pariwisata, pertahanan, pertambangan, ketenagaan, perhubungan, dan untuk berbagai keperluan lainnya.

Air baku adalah air bersih yang dipakai untuk keperluan air minum, rumah tangga dan industri selanjutnya yang disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2015).

### 1) Air Permukaan

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan Lingkungan, pengertian air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih. Faktor-faktor yang harus diperhatikan adalah mutu atau kualitas baku, jumlah atau kuantitasnya, dan kontinuitasnya.

Asdak (1995) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya air permukaan ialah air larian dan debit aliran. Air larian (*surface runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau, dan lautan. Air larian berlangsung ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Sedangkan debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan Standard Indonesia (SI) besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ).

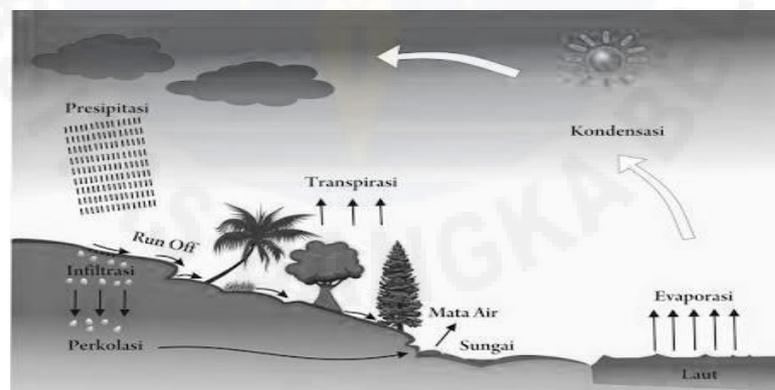
### 2) Air Tanah

Air tanah merupakan sumber air tawar terbesar di bumi, mencakup kira-kira 30% dari total air tawar atau 10,5 juta  $\text{km}^3$ . Air tanah biasanya digunakan untuk sumber air bersih maupun untuk air irigasi, melalui sumur terbuka, sumur tabung, spring, atau sumur horizontal (Suripin, 2001). Kecenderungan memilih air tanah sebagai sumber bersih, dibandingkan air permukaan ialah dikarenakan memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

1. Tersedia dekat dengan tempat yang memerlukan, sehingga kebutuhan bangunan pembawa/distribusi lebih murah.
2. Debit (produksi) sumur biasanya relatif stabil.
3. Lebih bersih dari bahan cemaran (polutan) permukaan.
4. Kualitasnya lebih seragam.
5. Bersih dari kekeruhan, bakteri, lumut atau tumbuhan dan binatang air.

### 2.2.2 Siklus Hidrologi

Menurut Triatmodjo (2009), Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air permukaan tanah, sungai, danau, dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir kelaut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir didalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber : <http://zainalrendra.blogspot.sg/2014/06/siklus-hidrologi.html?m=1>

## 1. Hujan

Menurut Triatmodjo (2009), Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan, sehingga seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi. Untuk selanjutnya digunakan istilah hujan untuk mengganti- kan presipitasi. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tckanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan. Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di DAS yang bersangkutan. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran.

Masih menurut Triatmodjo (2009), Ada dua syarat penting terjadinya hujan, yaitu massa udara harus mengandung cukup uap air, dan massa udara harus naik ke atas sedemikian sehingga menjadi dingin. Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air (biasanya mm), yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. Dalam menentukan jumlah hujan yang jatuh ke permukaan bumi, maka harus mengetahui nilai dari intensitas hujan dan durasi hujan. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun dan sebagainya; yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan dan sebagainya.

Durasi hujan adalah waktu yang dihitung dari saat hujan mulai turun sampai berhenti, yang biasanya dinyatakan dalam jam (Triatmodjo, 2008) Untuk mengetahui nilai intensitas dan durasi hujan, maka perlu dilakukan dengan suatu pengukuran hujan dengan bantuan alat pengukuran hujan.

Berdasarkan Triatmodjo (2009), Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organisation* atau WMO) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa daerah seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Kerapatan jaringan adalah jumlah stasiun tiap satuan luas di dalam DAS. Namun pedoman tersebut hanya merupakan ancar-ancar. Semakin besar variasi hujan maka semakin banyak jumlah stasiun yang diperlukan, seperti misalnya di daerah pegunungan.

Tabel 2.1 Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan

<b>Daerah</b>	<b>Kerapatan jaringan minimum (km<sup>2</sup>/sta)</b>
<b>Daerah data beriklim sedang, Laut Tengah dan Tropis</b>	
<b>Kondisi normal</b>	<b>600 – 900</b>
<b>Daerah pegunungan</b>	<b>100 – 250</b>
<b>Pulau-pulau kecil bergunung (&lt;20.000 km<sup>2</sup>)</b>	<b>25</b>
<b>Daerah kering dan kutub</b>	<b>1.500 – 10.000</b>

Sumber : Triatmodjo, 2009

## 2. Penguapan

Menurut Triatmodjo (2009), Penguapan adalah proses berubahnya bentuk zat cair (air) menjadi gas (uap air) dan masuk ke atmosfer. Dalam hidrologi, penguapan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi (diberi notasi  $E_0$ ) adalah penguapan yang terjadi dari permukaan air (seperti laut, danau, sungai), permukaan tanah (genangan di atas tanah dan penguapan dari permukaan air tanah yang dekat dengan permukaan tanah), dan permukaan tanaman (intersepsi). Apabila permukaan air tanah cukup dalam, evaporasi dari air tanah adalah kecil dan dapat diabaikan. Intersepsi adalah penguapan yang berasal dari air hujan yang berada pada permukaan daun, ranting dan batang tanaman. Sebagian air hujan yang jatuh akan tertahan oleh tanaman

dan menempel pada daun dan cabang, yang kemudian akan menguap. Transpirasi ( $E_t$ ) adalah penguapan melalui tanaman, dimana air tanah diserap oleh akar tanaman yang kemudian dialirkan melalui batang sampai ke permukaan daun dan menguap menuju atmosfer. Sulit membedakan antara penguapan dari badan air, tanah dan tanaman. Oleh karena itu, biasanya evaporasi dan transpirasi dicakup menjadi satu yang disebut evapotranspirasi; yaitu penguapan yang terjadi di permukaan lahan, yang meliputi permukaan tanah dan tanaman yang tumbuh di permukaan tersebut. Laju evaporasi, transpirasi dan evapotranspirasi dinyatakan dengan volume air yang hilang oleh proses tersebut tiap satuan luas dalam satu satuan waktu yang biasanya diberikan dalam mm/hari atau mm/bulan. Laju evapotranspirasi tergantung pada ketersediaan air dan kemampuan atmosfer mengevapotranspirasikan air dari permukaan. Apabila ketersediaan air (lengas tanah) tak terbatas maka evapotranspirasi yang terjadi disebut evapotranspirasi potensial ( $ETP$ ). Pada umumnya ketersediaan air di permukaan tidak tak terbatas, sehingga evapotranspirasi terjadi dengan laju lebih kecil dari evapotranspirasi potensial. Evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi di suatu daerah disebut evapotranspirasi nyata.

Masih menurut Triatmodjo (2009), Dua masalah utama dalam analisa hidrologi adalah memperkirakan 1) debit besar (banjir) dan 2) debit tersedia (rerata bulanan atau tahunan) dari suatu DAS. Dalam hal yang pertama, debit dengan jumlah besar terjadi dalam waktu singkat, sedang yang kedua menyangkut debit kecil yang terjadi dalam periode waktu panjang. Seperti telah dijelaskan dalam siklus hidrologi, penguapan merupakan kehilangan air terhadap air hujan. Pada masalah pertama (banjir), kehilangan air yang disebabkan oleh penguapan dapat diabaikan; sementara untuk masalah kedua harus diperhitungkan karena berlangsung dalam durasi panjang. Di beberapa daerah kering di Indonesia, kehilangan tersebut terhadap hujan yang jatuh dapat mencapai lebih dari 60 %. Sebagai gambaran, hujan yang jatuh dengan kedalaman 5 mm/hari tidak akan efektif membentuk aliran karena seluruhnya dapat menguap.

### 3. Evapotranspirasi (*ET*)

Menurut Suyanto (2017), air menguap dari permukaan tanah dan kembali ke atmosfer yang dikenal sebagai evapirasi. Kandungan kelembaban tanah dan kedalaman air tanah mempunyai peranan penting dalam menentukan jumlah evaporasi. Selain itu juga dikembalikan ke atmosfer dengan transpirasi melalui daun-daun tanaman. Proses ini dipengaruhi oleh sifat iklim, tanah, dan fisiologi tanaman. Evaporasi dari tanah dan kehilangan air melalui transpirasi sulit diukur secara terpisah, oleh karena itu keduanya sering digabungkan dan disebut dengan evapotranspirasi. Evapotranspirasi biasanya dihitung menggunakan rumus empiric yang dilengkapi dengan pengukuran temperature udara, kelembaban nisbi, lamanya

Asdak (1995) menyatakan bahwa Evaporasi aktual lebih dipengaruhi oleh faktor fisiologi tanaman dan unsur tanam Selain itu, evapotranspirasi aktual juga dipengaruhi oleh proporsi permukaan luar yang tidak tertutupi tumbuhan hijau (*exposed surface*) pada musim kemarau.

Triatmodjo (2009), evapotranspirasi dapat dihitung dengan metode Penman yang menggabungkan metode transfer massa dan metode neraca energi untuk menghitung evaporasi (*E<sub>o</sub>*). Selanjutnya evapotranspirasi diperoleh dengan mengalikan nilai evaporasi dengan suatu konstanta empiris. Hasil penggabungan kedua metode menghasilkan Persamaan 2.1.

$$E_t = \frac{\beta E_n + E}{\beta + 1} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan :

*E<sub>t</sub>* : evapotranspirasi potensial (mm)

*E<sub>n</sub>* : kedalaman Penguapan (mm/hari)

*E* : evaporasi (mm)

Dengan  $\beta = \Delta / \gamma$ , yang merupakan fungsi dari temperatur. Nilai  $\beta$  diberikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai  $\beta$  fungsi temperatur

Temperatur T (°C)	$\beta = \Delta/\gamma$
0	0,68
5	0,93
10	1,25
15	1,66
20	2,19
25	2,86
30	3,69
35	4,73

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2009

Kedalaman penguapan ( $En$ ) merupakan evaporasi dengan metode neraca energi yang terbentuk dari Persamaan 2.2.

$$En = \frac{Rn}{\rho_w \cdot \ell_v} \dots\dots\dots 2.2$$

( $Rn$ ) merupakan radiasi netto yang diterima permukaan bumi ( $\text{cal./mm}^2/\text{hari}$ ) yang terdiri dari radiasi matahari gelombang pendek dari yang diserap bumi ( $Sn$ ) dan radiasi gelombang panjang netto ( $Ln$ ) yang merupakan selisish antara radiasi bumi ke atmosfer dan radiasi atmosfer ke bumi. Adapun persamaan radiasi netto ( $Rn$ ), radiasi gelombang pendek ( $Sn$ ), dan radiasi gelombang panjang ( $Ln$ ) dapat dilihat pada Persamaan 2.3, 2.4, dan 2.5

$$Rn = Sn - Ln \dots\dots\dots 2.3$$

$$Sn = S_0 (1 - \alpha) (0,29 + 0,42 \frac{n}{N}) \dots\dots\dots 2.4$$

$$Ln = \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{ed}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N}) \dots\dots\dots 2.5$$

dengan :

$En$  : kedalaman penguapan ( $\text{mm}/\text{hari}$ )

$Rn$  : radiasi netto yang diterima permukaan bumi ( $\text{cal./mm}^2/\text{hari}$ )

$\rho_w$  : rapat massa air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\ell_v$  : panas laten untuk evaporasi ( $\text{cal./gr}$ )

$Sn$  : radiasi matahari gelombang pendek ( $\text{cal./mm}^2/\text{hari}$ )

- $L_n$  : radiasi gelombang panjang (cal./mm<sup>2</sup>/hari)  
 $S_0$  : radiasi matahari global harian (cal./mm<sup>2</sup>/hari)  
 $\alpha$  : koefisien refleksi (albedo)  
 $n/N$  : durasi penyinaran matahari (%)  
 $\sigma$  : konstanta Stevan-Boltzman ( $1,17 \times 10^{-7}$  cal./cm<sup>2</sup>/°K<sup>-4</sup>/hari)  
 $e_d$  : tekanan uap air pada elevasi 2 m di atas permukaan (mmHg)  
 $e_s$  : tekanan uap air jenuh (mmHg)  
 $r$  : kelembaban relatif (%)

Panas penguapan laten ( $lv$ ) merupakan energi yang diserap oleh air selama terjadinya penguapan untuk keperluan melawan gaya tarik menarik antara molekul air, sehingga molekul tersebut lepas dan berubah menjadi uap air. Panas penguapan laten merupakan fungsi dari temperatur/suhu seperti pada Persamaan 2.6.

$$lv = 597,3 - 0,564T \dots\dots\dots 2.6$$

dengan:

$T$  : temperature/suhu (°C)

Maksud dari Persamaan 2.6 diatas adalah bahwa untuk menguapkan satu gram air diperlukan sekitar 590 kalori (Triatmodjo, 2009). Sedangkan Evaporasi ( $E$ ) merupakan Evaporasi dengan metode transfer massa yang berasal dari persamaan usulan Seyhan (1990) seperti pada Persamaan 2.7.

$$E = 0,35 (0,5 + 0,54 u_2) (e_s - e_d) \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

$E$  : penguapan (mm/hari)

$e_s$  : tekanan uap jenuh (Pa)

$e_d$  : tekanan udara (Pa)

$u_2$  : kecepatan angin pada ketinggian  $z_2 = 2$  m di atas permukaan (m/d)

Di atas permukaan air tekanan uap air jenuh ( $e_s$ ) tergantung pada temperatur, yang diperoleh dari Persamaan 2.8.

$$e_s = 611 \exp \frac{17,27T}{237,3 + T} \dots\dots\dots 2.8$$

Untuk mencari nilai tekanan udara ( $e_d$ ), diperoleh dari hubungan kelembaban relatif dengan tekanan udara ( $e_d$ ) dan tekanan uap air jenuh ( $e_s$ ) yang dinyatakan dalam Persamaan 2.9.

$$r = \frac{e_d}{e_s} \times 100\% \dots\dots\dots 2.9$$

dengan :

$r$  : kelembaban relatif (%)

Kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan uap air dan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama, dan dinyatakan dalam persen (%).

Menurut Triatmodjo (2009), Proses perubahan bentuk dari air menjadi uap air terjadi baik pada evaporasi maupun evapotranspirasi. Penguapan dipengaruhi oleh kondisi klimatologi. yang meliputi 1) radiasi matahari, 2) temperatur udara, 3) kelembaban udara dan 4) kecepatan angin. Untuk memperkirakan besarnya penguapan diperlukan data tersebut. Beberapa instansi seperti BMKG, Dinas Pengairan dan Dinas Pertanian secara rutin melakukan pengukuran data klimatologi.

#### 1. Radiasi matahari

Menurut Kartasapoetra (2008), Pada setiap perubahan bentuk zat; dari es menjadi air (pencairan), dari zat cair menjadi gas (penguapan), dan dari es langsung menjadi uap air (penyubliman) diperlukan panas laten (*latent heat*). Panas laten untuk penguapan berasal dari radiasi matahari dan tanah. Radiasi matahari merupakan sumber utama panas dan mempengaruhi jumlah evaporasi di atas permukaan bumi, yang tergantung letak pada garis lintang dan musim. Radiasi matahari di suatu lokasi bervariasi sepanjang tahun, yang tergantung pada letak lokasi (garis lintang) dan deklinasi matahari. Pada bulan Desember kedudukan matahari berada jauh di selatan, sementara pada bulan Juni kedudukan matahari berada paling jauh di utara. Daerah yang berada di belahan bumi selatan

menerima radiasi maksimum matahari pada bulan Desember, sementara radiasi terkecil terjadi pada bulan Juni. Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi juga dipengaruhi oleh penutupan awan. Penutupan oleh awan dinyatakan dalam persentase dari lama penyinaran matahari nyata terhadap lama penyinaran matahari yang mungkin terjadi.

## 2. Temperatur

Temperatur udara pada permukaan evaporasi sangat berpengaruh terhadap evaporasi. Semakin tinggi temperatur semakin besar kemampuan udara untuk menyerap uap air. Selain itu, semakin tinggi temperatur, energi kinetik molekul air meningkat sehingga molekul air semakin banyak berpindah ke lapis udara di atasnya dalam bentuk uap air. Oleh karena itu, di daerah beriklim tropis jumlah evaporasi lebih tinggi dibanding dengan daerah di kutub (daerah beriklim dingin). (Kartasapoetra, 2008)

## 3. Kelembaban

Menurut Suyanto (2017), Pada saat terjadi penguapan, tekanan udara pada lapisan udara tepat di atas permukaan air lebih rendah dibanding tekanan pada permukaan air. Perbedaan tekanan tersebut menyebabkan terjadinya penguapan. Pada waktu penguapan terjadi, uap air bergabung dengan udara di atas permukaan air, sehingga udara mengandung uap air. Udara lembab merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Apabila jumlah uap air yang masuk ke udara semakin banyak, tekanan uapnya juga semakin tinggi. Akibatnya perbedaan tekanan uap semakin kecil, yang menyebabkan berkurangnya laju penguapan. Apabila udara di atas permukaan air sudah jenuh uap air tekanan udara telah mencapai tekanan uap jenuh, di mana pada saat itu penguapan terhenti. Kelembaban udara dinyatakan dengan kelembaban relatif.

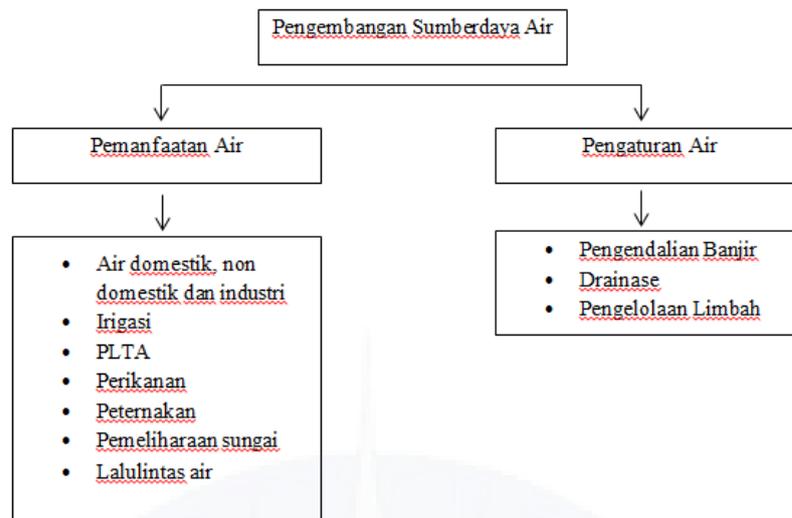
## 4. Kecepatan Angin

Masih menurut Suyanto (2017), Penguapan yang terjadi menyebabkan udara di atas permukaan evaporasi menjadi lebih lembab, sampai akhirnya udara menjadi jenuh terhadap uap air dan proses evaporasi terhenti. Agar proses penguapan dapat berjalan terus lapisan udara yang telah jenuh tersebut harus diganti dengan udara kering. Penggantian tersebut dapat terjadi apabila ada angin.

kecepatan angin merupakan faktor penting dalam evaporasi. Di daerah terbuka dan banyak angin penguapan akan lebih besar daripada di daerah yang terlindung dan udara diam. Kecepatan angin di Indonesia relatif rendah. Pada musim penghujan angin dominan berasal dari barat laut yang membawa banyak uap air, sementara pada musim kemarau angin berasal dari tenggara yang kering.

### **2.2.3 Pengembangan Sumberdaya Air**

Menurut Triatmodjo (2009), Pengembangan sumberdaya air dapat dikelompokkan dalam dua kegiatan yaitu pemanfaatan dan pengaturan air (Gambar 2.2). Untuk dapat melaksanakan kedua kegiatan tersebut diperlukan konsep, perancangan, perencanaan, pembangunan dan pengoperasian fasilitas-fasilitas pendukungnya. Pengembangan sumberdaya air merupakan cabang dari ilmu teknik sipil, yang didukung oleh ilmu-ilmu lainnya seperti ilmu ekonomi, politik, geologi, elektro, mesin, kimia, biologi, lingkungan, dan sosial. Pemanfaatan sumberdaya air meliputi penyediaan air untuk kebutuhan air bersih, irigasi, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, peternakan, pemeliharaan sungai (pengenceran polusi), dan lalulintas air. Berbagai kebutuhan air tersebut harus dapat dilayani oleh air yang tersedia yang bisa berupa air permukaan ataupun air tanah. Perlu diingat bahwa ketersediaan air merupakan fungsi waktu, yang melimpah/berlebih pada musim penghujan dan berkurang pada musim kemarau. Untuk itu perlu dipelajari ketersediaan air dengan keandalan tertentu untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Pada musim penghujan keberadaan air berlebih dalam bentuk banjir yang sering dapat menimbulkan kerugian bagi masyarakat. Kegiatan pengendalian banjir, drainase, pembuangan limbah termasuk dalam pengaturan sumberdaya air sehingga kelebihan air tersebut tidak menimbulkan bencana.



Gambar 2.2 Kegiatan pengembangan sumberdaya air

Sumber : Triatmodjo, 2009

Kedua jenis kegiatan saling berkaitan. Di satu sisi, pada musim penghujan air berlimpah sehingga harus secepatnya dibuang ke laut supaya tidak menimbulkan banjir. Di sisi lain, pada musim kemarau ketersediaan air berkurang untuk dapat memenuhi kebutuhan air yang relatif tetap dan bahkan meningkat. Untuk itu perlu dilakukan pengelolaan sumber daya air yang efisien dan efektif, dengan memperhatikan dampak negatif banjir dan kekeringan. Hal ini mengingat bahwa dengan bertambahnya jumlah penduduk kebutuhan air semakin meningkat, sementara ketersediaan air semakin berkurang.

Pengelolaan sumberdaya air tersebut membutuhkan berbagai fasilitas, seperti bendungan/waduk untuk menampung kelebihan air di musim hujan dan memanfaatkannya dimusim kemarau, bangunan irigasi seperti bendung, saluran irigasi, dan drainase serta sarana pendukung lainnya, sistem jaringan perpipaan untuk melayani kebutuhan air bersih, fasilitas pembangkit listrik tenaga air seperti bendungan, saluran/terowong pembawa, *surge tank*, *penstock*, *tailrace*, dsb.

#### 2.2.4 Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus menerus ada disuatu lokasi (bendung atau bangunan air lainnya) di sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu (Direktorat Jenderal, 1980). Air yang tersedia tersebut dapat digunakan untuk bebrbagai keperluan seperti air baku yang meliputi air domestik (air minum dan air rumah tangga) dan non domestik (perdagangan, perkantoran) dan industri, pemeliharaan sungai, peternakan, perikanan, irigasi, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pada PLTA, air hanya dilewatkan untuk memutar turbin dan setelah itu dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Dengan kata lain PLTA tidak mengkonsumsi air, sedang untuk keperluan yang air dikonsumsi sehingga mengurangi air yang tersedia.

Untuk pemanfaatan air, perlu diketahui informasi ketersediaan air andalan (debit, hujan). Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, sedang untuk keperluan air baku biasanya ditetapkan 90%. Misalnya debit andalan 80% adalah  $3 \text{ m}^3/\text{d}$ , artinya kemungkinan terjadinya debit sebesar  $3 \text{ m}^3/\text{d}$  atau lebih adalah 80% dari waktu pencatatan data; atau dengan kata lain 20% kejadian debit adalah kurang  $3 \text{ m}^3/\text{d}$ .

Menurut Harto (2000), Potensi ketersediaan air pada kolong dapat dianalisis dengan menggunakan pendekatan teori Neraca Air (*Water Balance*) dan siklus hidrologi. Teori ini menjelaskan bahwa aliran masuk dalam suatu tampungan (danau, waduk, situ, dan telaga serta kulong) akan sama dengan aliran yang keluar dan perubahan air dalam tampungan (*charge in storage*) dari tampungan tersebut. Persamaan dari konsep tersebut sebagaimana berikut ini.

$$I = O \pm \Delta S \dots\dots\dots 2.10$$

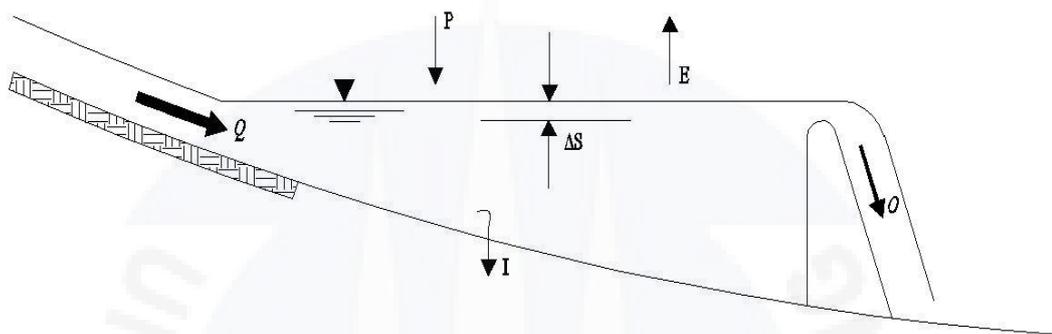
dengan :

$I$  = Aliran masuk (*inflow*) (volume persatuan waktu)

$O$  = Aliran Keluar (*outflow*) (volume persatuan waktu)

$\Delta S$  = Perubahan Tampungan (*charge in storage*)

Menurut Sabri (2015) air yang akan masuk ke dalam tampungan dalam hal ini kulong adalah air limpasan permukaan (*surface runoff*) yang terdiri dari aliran antara dan aliran tanah, dan hujan langsung (presipitasi), sedangkan air yang keluar dari tampungan (kulong) terdiri dari penguapan (evaporasi), kebutuhan air baku bagi PDAM, kebutuhan air untuk perikanan/remban (*seepage*). Skema “*water balance*” untuk sebuah waduk/kolong digambarkan seperti pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Neraca air di waduk

Sumber : Triatmodjo,2009

#### Keterangan

Untuk  $\Delta S > 0$ , prosesnya :  $1 + 2 + 3 > 4 + 5 + 6$

Untuk  $\Delta S < 0$ , prosesnya :  $1 + 2 + 3 < 4 + 5 + 6$

1 = “*Surface run off*”

2 = “*Sub surface run off*”

3 = Presipitasi ( hujan )

4 = Evaporasi ( Penguapan )

5 = Kebutuhan Air

6 = Rembesan/bocoran

Masukan (*I*) adalah semua air yang masuk ke dalam sistem, sedangkan keluaran (*O*) adalah semua air yang keluar dari sistem. Perubahan tampungan adalah perbedaan antara jumlah semua kandungan air (dalam berbagai sub sistem) dalam satu unit waktu yang ditinjau, yaitu antara waktu terjadinya masukan dan

waktu terjadinya keluaran. Pada hakekatnya, masukan ke dalam sub-sistem yang ada adalah keluaran dari sub-sistem yang lain dalam siklus tersebut.

Menurut Triatmodjo (2010), Perkiraan secara kuantitatif dari siklus hidrologi dapat dinyatakan berdasarkan prinsip konservasi massa yang dikenal dengan persamaan neraca air, persamaan tersebut menggambarkan bahwa didalam suatu sistem hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan) dapat dievaluasi air yang masuk dan yang keluar dari sistem tersebut dalam waktu periode tertentu.

### 2.2.5 Proses Terjadinya Kulong

Didalam kegiatan penambangan untuk mendapatkan mineral yang terkandung di dalam bumi, dilakukan dengan cara menggali. Kedalaman galian tersebut sangat bervariasi tergantung dari besar kecilnya kegiatan tambang (Sabri, 2015).

Menurut Lubis (2012), Tambang terbuka atau *alluvial mine* yang diterapkan untuk menambang endapan-endapan *alluvial*, misalnya tambang bijih timah, pasir besi, dan lain-lain dapat dilakukan dengan beberapa proses yaitu dengan metode tambang semprot (*hydraulicking*), penambangan dengan kapal keruk (*dredging*), dan metode manual (*manual mining method*).

1. Metode Tambang Semprot (*hydraulicking*), sesuai dengan namanya, penggalian endapan pada tambang semprot dilakukan dengan menggunakan semprotan air yang bertekanan tinggi dengan menggunakan alat penyemprot yang dinamakan *monitor* atau *water jet* atau *giant*. Jenis Metode Tambang Semprot dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Metode Tambang Semprot (*hydraulicking*)

*Sumber : Lubis, 2012*

2. Kapal Keruk (*dredging*), merupakan cara penambangan yang digunakan bila endapan terletak di bawah permukaan air, misalnya dilepas pantai, sungai, danau, atau lembah yang tersedia banyak. Metode Kapal Keruk dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Kapal Keruk (*dredging*)

*Sumber : Lubis, 2012*

3. Metode manual (*manual mining method*), yaitu sebuah cara penambangan yang sangat sederhana dengan menggunakan tenaga manusia hampir tidak memakai alat mekanis. Cara ini dilakukan oleh rakyat setempat atau oleh kontraktor-kontraktor kecil yang menggunakan alat seperti dulang (*pan/bate*), *racker (radle)*, *long tom* dan *sluice box*. Metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Metode manual (*manual mining method*)

*Sumber : Lubis, 2012*

### 2.2.6 Usia Kulong

Menurut Sabri (2015) umur/usia kulong, kulong dibagi menjadi tiga macam, yaitu kulong muda, kulong sedang dan kulong tua.

1. Kulong Muda merupakan kulong yang berumur kurang dari 5 tahun. Seluruh kandungan unsur hara pada kulong ini sudah hilang/rusak serta memiliki kandungan logam berat yang tinggi, kehidupan biologis di kulong ini hampir tidak ada karena unsur hara/ mineralnya sudah hilang. Kulong ini memiliki pH antara 2 – 4 dengan tingkat kecurahan yang tinggi.
2. Kulong Sedang ialah kulong yang berumur 5 sampai 20 tahun. Dikulong ini sudah mulai terdapat kehidupan biologis namun jenis spesies dan populasinya masih terbatas, karena air dalam kulong masih cukup banyak mengandung logam berat. Untuk pH jenis kulong ini berkisar antara 4 – 6.
3. Kulong Tua ialah kulong yang berumur lebih dari 20 tahun. Kondisi biogeofisik kulong ini sudah semakin normal seperti layaknya sebuah danau atau kolam tua. Keanekaragaman hayati kulong ini sudah menyerupai perairan tergenang alami dan sudah dapat dimanfaatkan sebagai kehidupan sehari-hari. Lapisan lumpur didasar permukaan diduga masih mengandung logam berat namun sudah berkurang dengan besarnya pH antara 5,5 – 7.

### **2.2.7 Dimensi Kulong**

Setiap Kulong yang ada memiliki ciri khas dan keunikan masing-masing dan tidak sama antara yang satu kulong dengan kulong yang lainnya. Menurut Sabri (2015), kulong mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lainnya jika ditinjau dari dimensinya. Karakteristik meliputi luas daerah tangkapan air (DTA), luas permukaan kulong, kedalaman kulong dan vegetasi di sekitar kulong. Analisis fisik kulong ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik kulong pada daerah studi, yang dapat mempengaruhi kualitas air dan ketersediaan air untuk berbagai pemanfaatan dan pengembangan potensi kulong. Dimensi kulong sendiri terdiri dari luas daerah tangkapan air (DTA), luas permukaan, kedalaman kulong, dan vegetasi kulong.

### **2.2.8 Pemanfaatan Kulong**

Banyak sekali kulong yang belum dimanfaatkan dan dilestarikan akan tetapi ada juga sebagian masyarakat yang sudah menyadari potensi kulong, masyarakat dan pemerintah setempat melakukan pelestarian memanfaatkan kulong. Pemanfaatan kulong bukan hanya sumber daya airnya tetapi bisa juga lahan bekas pasca tambang sebagai lahan pertanian, lahan perternakan, pemanfaatan dan pelestarian kulong yang mesti diperuntukan.

Menurut Sabri (2015), pemanfaatan sumber daya kulong dari beberapa kulong banyak digunakan untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari, seperti mandi/mencuci dan sumber air baku. Selain kebutuhan sehari-hari terdapat beberapa kulong yang dimanfaatkan untuk pertanian, budidaya ikan, perternakan, serta pemancingan.

Adapun pemanfaatan dan pelestarian kulong ini berdasarkan hasil survei sebagai berikut:

#### **1. Pemanfaatan Kulong untuk Perikanan**

Usaha budidaya ikan juga merupakan salah satu alternatif yang paling memungkinkan dalam rangka pemanfaatan kulong yang banyak terdapat di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, untuk produktif masyarakat guna menciptakan lapangan kerja dan lanpang usaha. Sabri (2013) menyatakan bahwa

pemanfaatan kulong dan daerah bekas galian timah untuk usaha budidaya perikanan di Bangka Belitung merupakan alternatif penting yang bisa dilakukan mengingat hampir semua daerah kabupaten dan kota telah dilakukan penambangan timah, sehingga lahan ideal untuk usaha budidaya ikan sangat terbatas.

#### 2. Pemanfaatan Kulong untuk Mandi dan Mencuci.

Selain dimanfaatkan untuk budidaya ikan air tawar sebagian lainnya potensi sumberdaya kulong yang ada di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dimanfaatkan oleh sebagian warga untuk aktivitas mandi dan mencuci, pemanfaatan ini sebenarnya sudah lama dilakukan oleh masyarakat. Hal ini dikarenakan air sumur pada saat musim kemarau mengalami kekeringan, sedangkan pada kulong masih terdapat sumber air.

#### 3. Pemanfaatan Kulong untuk Air Minum

Melihat besarnya manfaat dan peranan air kulong ini terhadap pola kehidupan manusia secara langsung maupun terhadap kegiatan-kegiatan perekonomian, pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya air kulong kiranya perlu dikembangkan lebih baik lagi. Air kulong sangat diharapkan mampu menjadi salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat di masa sekarang maupun masa mendatang.

#### 4. Pemanfaatan Kulong untuk Rekreasi

Selain sebagai tempat budidaya ikan air tawar, kebutuhan air baku, kulong juga dapat dimanfaatkan untuk sarana sebagai rekreasi, pemancingan ikan, perternakan, perkebunan, pertanian dan juga bisa dimanfaatkan sebagai wisata air. Dengan banyak manfaat dari kulong maka bisa dijadikan tempat wisata. Kulong yang memiliki peran sebagai tempat wisata ini tentu mampu menarik perhatian masyarakat dari daerah itu sendiri maupun dari luar daerah lain. Apalagi jika dikelola dengan rapi dan indah tentunya akan menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat secara luas.

Kulong bekas tambang mempunyai potensi sebagai sumber daya air baku. Sebagian besar kulong terutama kulong baru bisa dimanfaatkan dikarenakan kondisi air yang mempunyai nilai pH rendah dan masih mengandung logam

berbahaya. Tidak bisa dipungkiri bahwa kondisi kualitas air kulong yang berkaitan dengan kandungan logam berat menjadi permasalahan tersendiri untuk pemanfaatan dalam bidang air baku. Masih terbatasnya teknologi yang dapat memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut menjadikan pemanfaatan sumberdaya air kulong dalam bidang air baku masih belum optimal.

Menurut Prasetyono (2013), untuk meminimalisasi kandungan logam berat timah hitam (*Pb*) dan menaikkan pH rendah pada air kulong. Penggunaan kompos batang pisang untuk meminimalisasi logam berat timah hitam dan menaikkan pH air kulong. Hal penting dalam penggunaan kompos untuk adsorpsi logam berat *Pb* pada media budidaya ikan adalah kualitas air hasil perlakuan kompos mampu digunakan untuk budidaya ikan.

Menurut Henny (2011), sebagian kecil kulong tua yang sudah tereklamasi dan kulong muda yang pHnya cukup baik telah dimanfaatkan penduduk untuk sumber air minum, irigasi, perikanan, peternakan dan rekreasi. Kulong-kulong bekas tambang di Pulau Bangka walaupun sudah mulai dimanfaatkan tetapi belum yang berwawasan lingkungan karena kurang informasi mengenai kondisi kualitas air kulong. Pemanfaatan kulong bagi upaya perikanan, diperlukan informasi kandungan logam pada ikan. Sementara untuk system budidaya dengan keramba jaring apung (KJA) harus melihat efek penumpukan sisa pakan terhadap kualitas air kulong jangka panjang. Kulong-kulong bias ditingkatkan potensinya untuk pemanfaatan jangka panjang yang bernilai ekonomi apabila masyarakat mengetahui kondisi dan kualitas air kulong.

Pemanfaatan sumber daya kulong yang dijelaskan diatas merupakan contoh-contoh sumber daya kulong yang sudah dimanfaatkan oleh masyarakat, swasta dan pemerintah. Pemanfaatan kulong seperti yang diperuntukan untuk budidaya ikan mempercepat terjadinya penyuburan peraliran secara biologis. Pemanfaatan sumberdaya kulong untuk mandi, mencuci dan air minum dimana pada saat musim kemarau air kulong sangat membantu masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga seperti mandi dan mencuci sedangkan untuk air minum perlu proses pengelolaan yang lebih sebelum dikonsumsi oleh masyarakat. Kulong juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi dan sumber tenaga listrik

mikrohidro masih banyak potensi sumber daya kulong yang belum kita manfaatkan yang mampu meningkatkan kualitas hidup dan taraf hidup masyarakat disekitar kulong. Kulong juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi apabila kita mampu memaksimalkan potensi kulong yang ada sekarang ini.

### **2.2.9 Analisis Ketersediaan Air dengan Model NRECA**

Besarnya potensial air limpasan yang masuk kedalam badan kolong dianalisis dengan menggunakan model NRECA, penggunaan metode ini karena tidak adanya aliran yang masuk ke dalam badan kolong secara kontinu dan diasumsikan karakteristik fisik kolong sama dengan embung. Perhitungan potensi air limpasan ini merupakan upaya untuk mengetahui ketersediaan air kolong dalam kurun waktu tertentu guna memenuhi kebutuhan air yang direncanakan. Penggunaan model NRECA dilakukan dengan pendekatan metode empiris yang didasarkan pada prinsip pengaliragaman hujan aliran dan imbangan air di daerah tangkapan. Metode ini pernah dikembangkan di wilayah Indonesia bagian timur untuk embung atau bangunan penyimpanan air di musim hujan (Puslitbang Pengaliran Dept. PU, 1994).

Basis model NRECA adalah untuk menghitung *runoff* dari nilai curah hujan bulanan, evaporasi, kelembaban tanah, dan penyimpanan air di bawah tanah. Metode ini digunakan efektif apabila tidak tersedianya aliran kontinu sebagai debit *inflow* ke dalam embung/kolong. Debit aliran masuk ke dalam embung/kolong berasal dari hujan didaerah tangkapan air (*cacthment area*). Sebagian hujan yang turun mencapai permukaan tanah sebagian meresap ke dalam tanah, yang akan mengisi pori-pori tanah dan sisanya mengalir diatas tanah (aliran permukaan). Jika pori tanah sudah jenuh, air akan masuk ke dalam tampungan air tanah. Gerak air ini disebut perkolasi. Sedikit demi sedikit air dari tampungan tanah air tanah mengalir keluar sebagai mata air menuju alur dan disebut dengan aliran dasar. Sisa curah hujan yang mengalir diatas permukaan, disebut aliran permukaan dan bersama aliran dasar bergerak menuju embung/kolong. Penguapan peluh (evapotranspirasi) tidak hanya terjadi diatas

permukaan tetapi juga dibawah permukaan tanah dimana akar-akar tanaman berada.

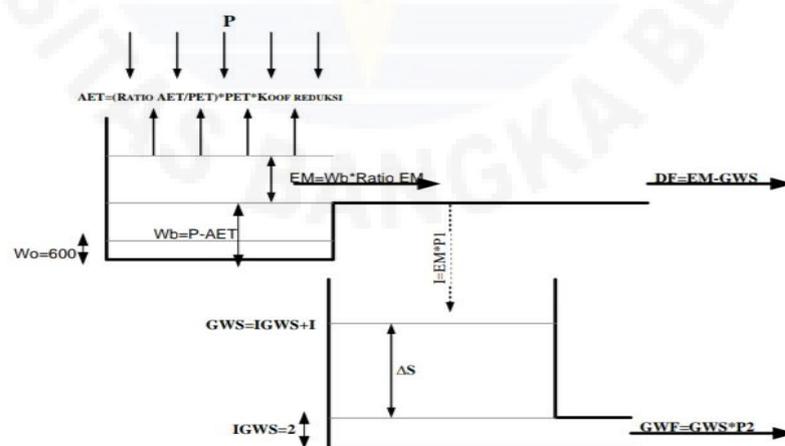
Peredaran air atmosfer, permukaan, dan bawah permukaan dapat digambarkan secara skematik seperti terlihat pada Gambar 2.7. Skema ini merupakan konsep struktur model NRECA yang merupakan penerjemahan dari 18 tahapan perhitungan model NRECA yang dikembangkan oleh Puslitbang Pengairan P.U. yang dilakukan oleh Nanti (2008) dalam Sabri (2015).

Adapun tahapan perhitungan model NRECA selengkapnya dapat diuraikan sebagaimana berikut :

1. Nama bulan Januari sampai Desember
2. Nilai hujan rata-rata bulanan ( $R_b$ ) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R_b = \frac{1}{2} \sum R_b \dots \dots \dots 2.11$$

3. Nilai penguapan peluh potensial ( $PET$ )
4. Nilai tampungan kelengasan awal ( $W_o$ ). Nilai ini harus dicoba-coba dan percobaan pertama diambil 600 (mm/bulan) di bulan januari da dicek agar nilai pada bulan januari mendekati nilai pada bulan Desember, jika selisih nilai melebihi 200 mm, harus diulang lagi.



Gambar 2.7 Skema struktur model NRECA

Sumber : Sabri, 2008

5. Tampungannya kelengasan tanah (*soil moisture storage* –  $W_i$ ) dihitung dengan rumus :

$$W_i = \frac{W_o}{NOMINAL} \dots\dots\dots 2.12$$

Dengan :

$$NOMINAL = 100 + 0,2 R_a \dots\dots\dots 2.13$$

$R_a$  = hujan tahunan (mm)

6. Rasio  $\frac{R_b}{PET}$  .....2.14

7. Rasio  $\frac{AET}{PET}$  .....2.15

$AET$  = Penguapan pelu aktual dapat diperoleh dengan grafik pada Gambar 2.8, nilainya tergantung dari rasio  $\frac{R_b}{PET}$  dan  $W_i$ .

8.  $AET = \left(\frac{AET}{PET}\right) \times PET \times \text{koefisien reduksi} \dots\dots\dots 2.16$

Koefisien reduksi terhadap evapotranspirasi pada Tabel 2.3 dibawah ini dipergunakan untuk menghitung debit yang besarnya tergantung terhadap kemiringan lahan.

9. Neraca Air =  $R_b - AET$  .....2.17

10. Rasio kelebihan kelengasan (*excess moisture*) yang dapat diperoleh sebagai berikut :

a. Bila neraca air ( nomor 9 ) positif, maka rasio tersebut dapat diperoleh dari grafik pada Gambar 2.8 dengan memasukkan nilai tampungan kelengasan ( $W_i$ ).

b. Bila neraca air negatif, rasio = 0

11. Kelebihan kelengasan

= rasio kelengasan  $\times$  neraca air

= nomor 10  $\times$  nomor 9 .....2.18

12. Tampungannya air tanah =  $PI \times$  kelebihan kelengasan

= neraca air – kelebihan kelengasan

= nomor 9 – nomor 11 .....2.19

13. Tampungannya air tanah =  $PI \times$  kelebihan kelengasan .....2.20

$P1$  = parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0 – 2 m), nilainya berkisar antara 0,1 – 0,5 tergantung pada sifat lulus air lahan.

$P1$  = 0,1 bila bersifat kedap air

$P1$  = 0,5 bila bersifat lulus air.

14. Tampungannya air tanah awal yang harus dicoba dengan nilai awal = 2
15. Tampungannya air tanah akhir .....2.21  
 = tumpangannya air tanah  $\times$  tumpangannya air tanah  
 = nomor 13  $\times$  nomor 14
16. Alirannya air tanah =  $P2 \times$  tumpangannya air tanah akhir .....2.22  
 $P2$  = parameter seperti  $P1$  tetapi untuk lapisan tanah dalam (kedalaman 2 – 10 m).  
 $P2$  = 0,9 bila bersifat kedap air.  
 $P2$  = 0,5 bila bersifat lulus air.
17. Larian langsung (*direct runoff*)  
 = Kelebihan kelengasannya  $\times$  tumpangannya air tanah  
 = nomor 11  $\times$  nomor 13 .....2.23
18. Alirannya total = larian langsung – tumpangannya air tanah .....2.24  
 = nomor 17 + nomor 16 (dalam mm)  $\times$  10  $\times$  luas daerah tadah hujannya (ha).

Selanjutnya untuk perhitungannya bulan berikutnya, diperlukan nilai tumpangannya kelengasannya untuk bulan berikutnya dan tumpangannya air tanahnya bulan berikutnya yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

- a. Tumpangannya kelengasannya = tumpangannya kelengasannya bulan sebelumnya (4) + perubahannya tumpangannya (12), semua dari bulan sebelumnya.
- b. Tumpangannya air tanahnya = tumpangannya air tanahnya bulan sebelumnya (15) – alirannya air tanah (16), semua dari bulan sebelumnya.

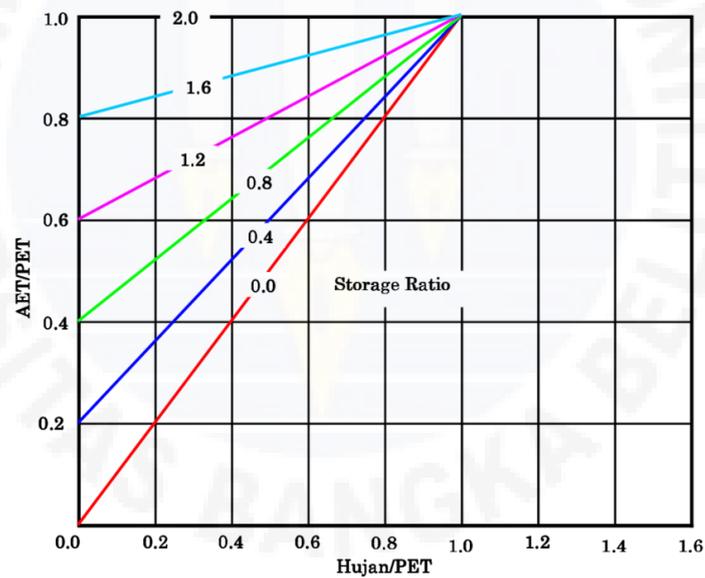
Sebagai patokannya akhir perhitungannya, nilai tumpangannya kelengasannya awal harus mendekati tumpangannya kelengasannya bulan desember, jika perbedaannya antara keduanya cukup jauh (>200 mm) perhitungannya perlu diulangnya lagi, dengan

mengambil nilai tampungan kelengasan awal (januari) = tampungan kelengasan bulan desember.

Tabel 2.3 Koefisien reduksi evapotranspirasi untuk luas daerah tadah hujan lebih kecil dari 100 ha

Kemiringan Lahan (m/Km)	Koefisien Reduksi
0 – 50	0,9
51 – 100	0,8
101 – 200	0,6
> 200	0,4

Sumber : Puslitbang Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1994



Gambar 2.8 Grafik Rasio  $\frac{AET}{PET}$

Sumber : Puslitbang Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1994



Gambar 2.9 Rasio Tampung Kelengasan

Sumber : Puslitbang Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1994

Hasil debit limpasan total dari model NRECA ditambahkan dengan volume potensial kolong yang selanjutnya akan menjadi debit total aliran masuk ke kolong. Volume potensial kolong adalah volume air yang masuk dan mengisi kolong terdiri atas dua kelompok, yaitu air permukaan dari seluruh daerah tadah hujan dan air hujan efektif yang langsung jatuh ke atas permukaan kolong (Sabri, 2008). Volume potensial kolong ( $V_p$ ) diformulasikan dalam persamaan berikut :

$$V_p = \sum V_{j+10} \cdot A_{kl} \cdot \sum R_j \dots\dots\dots 2.25$$

Dengan :

$V_p$  = Volume potensial kolong ( $m^3$ )

$\sum V_j$  = Jumlah aliran total selama satu tahun ( $m^3$ )

$\sum R_j$  = Curah hujan total selama satu tahun (mm)

$A_{kl}$  = luas permukaan kolong (ha)

#### 2.2.10 Analisis SWOT

Menurut Fred (2011), Secara garis besar SWOT dilakukan melalui beberapa tahap yang diawali dengan pengumpulan data melalui survei dan wawancara. Data yang didapat dikerucutkan dari semua jawaban responden, baik itu data internal (kekuatan dan kelemahan) maupun data eksternal (peluang dan ancaman). Data

internal dan eksternal yang didapat dijadikan bahan untuk kuesioner kedua untuk mendapatkan bobot grup SWOT dan masing-masing faktor SWOT, dimana bobot didapat dari proses yang dimulai dengan pembuatan struktur hirarki dan membandingkan berpasangan antara grup SWOT dan masing-masing faktor SWOT. Tahap akhir yang dilakukan adalah pengambilan keputusan dengan analisis menggunakan matriks SWOT.

Matriks *Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats* (SWOT) merupakan *matching tool* yang penting untuk mengembangkan empat tipe strategi. Keempat tipe strategi yang dimaksud adalah:

1. Strategi *SO* (*Strength-Opportunity*)
2. Strategi *WO* (*Weakness-Opportunity*)
3. Strategi *ST* (*Strength-Threat*)
4. Strategi *WT* (*Weakness-Threat*)

Matriks SWOT memerlukan *key success factors*. Pada matriks ini, menentukan *key success factors* untuk lingkungan eksternal dan internal merupakan bagian yang sulit sehingga dibutuhkan *judgment* yang baik. Sementara itu, tidak ada satu pun *matching tool* yang dianggap paling baik. Penjelasan tentang strategi dalam analisis SWOT diberikan sebagai berikut:

1. Strategi *SO* (*Strength-Opportunity*).

Strategi ini menggunakan kekuatan internal untuk meraih peluang-peluang yang ada di luar. Pada umumnya, seseorang berusaha melaksanakan strategi-strategi *WO*, *ST*, atau *WT* untuk menerapkan strategi *SO*. Jika suatu objek memiliki banyak kelemahan, mau-tidak mau harus mengatasi kelemahan itu agar menjadi kuat sedangkan, jika suatu objek menghadapi banyak ancaman, maka harus berusaha menghindarinya dan berusaha berkonsentrasi pada peluang-peluang yang ada.

2. Strategi *WO* (*Weakness-Opportunity*).

Strategi ini bertujuan untuk memperkecil kelemahan-kelemahan internal objek dengan memanfaatkan peluang-peluang eksternal. Kadang kala objek menghadapi kesulitan untuk memanfaatkan peluang-peluang karena adanya kelemahan-kelemahan internal. Sebagai contoh, ada permintaan yang tinggi

terhadap perangkat elektronika untuk mengontrol jumlah dan waktu *fuel injection* pada mesin mobil (*opportunity*), tetapi pabrik-pabrik mengalami kesenjangan teknologi untuk memproduksi alat-alat ini (*weakness*). Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah kesenjangan teknologi ini adalah melalui strategi *WO*, yakni dengan mengadakan suatu kerja sama (*joint venture*) dengan pihak lain yang memiliki kompetensi.

3. Strategi *ST* (*Strength-Threat*).

Melalui strategi ini seseorang berusaha untuk menghindari atau mengurangi dampak dari ancaman-ancaman eksternal. Hal ini bukan berarti bahwa objek harus selalu mendapatkan ancaman.

4. Strategi *WT* (*Weakness-Threat*).

Strategi ini merupakan taktik untuk bertahan dengan cara mengurangi kelemahan internal serta menghindari ancaman. Suatu objek yang dihadapkan pada sejumlah kelemahan internal dan ancaman eksternal sesungguhnya berada dalam posisi yang berbahaya. Ia harus berjuang untuk tetap dapat bertahan dengan melakukan strategi-strategi seperti *merger*, *declared bankruptcy*, *retrench*, atau *liquidation*.

Secara lebih jelas, berikut ini adalah delapan tahap bagaimana penentuan strategi dibangun melalui matriks SWOT. Tahapan yang dimaksud adalah:

1. Buat daftar peluang eksternal objek.
2. Buat daftar ancaman eksternal objek.
3. Buat daftar kekuatan kunci internal objek.
4. Buat daftar kelemahan kunci internal objek.
5. Cocokkan kekuatan-kekuatan internal dan peluang-peluang eksternal dan catat hasilnya dalam sel strategi *SO*.
6. Cocokkan kelemahan-kelemahan internal dan peluang-peluang eksternal dan catat hasilnya dalam sel strategi *WO*.
7. Cocokkan kekuatan-kekuatan internal dan ancaman-ancaman eksternal dan catat hasilnya dalam sel strategi *ST*.
8. Cocokkan kelemahan-kelemahan internal dan ancaman-ancaman eksternal dan catat hasilnya dalam sel strategi *WT*.

Tabel 2.4 Matriks SWOT

<p style="text-align: center;"><b>SWOT</b></p>	<p><b>Strengths-S</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Catatlah kekuatan-kekuatan internal objek</li> <li>2. ....</li> </ol>	<p><b>Weaknesses-W</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Catatlah kelemahan-kelemahan internal objek.</li> <li>2. ....</li> </ol>
<p><b>Opportunities-O</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Catatlah peluang-peluang eksternal yang ada</li> <li>2. ....</li> </ol>	<p><b>Strategi SO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daftar kekuatan untuk meraih keuntungan dari peluang yang ada</li> <li>2. ....</li> </ol>	<p><b>Strategi WO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daftar untuk memperkecil kelemahan dengan memanfaatkan keuntungan dari peluang yang ada.</li> <li>2. ....</li> </ol>
<p><b>Threats-T</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Catatlah ancaman-ancaman eksternal yang ada</li> <li>2. ....</li> </ol>	<p><b>Strategi ST</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 Daftar kekuatan untuk menghindari ancaman</li> <li>4 ....</li> </ol>	<p><b>Strategi WT</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daftar untuk memperkecil kelemahan dan menghindari ancaman</li> <li>2. ....</li> </ol>

Sumber : Fred, 2011

Perlu diketahui bahwa kegunaan dari setiap alat pada *Matching Stage* adalah untuk membangkitkan strategi alternatif yang fisibel untuk dilaksanakan, bukan untuk memilih atau menentukan strategi mana yang terbaik. Jadi, tidak semua strategi dikembangkan di dalam SWOT matriks.

Menurut Rangkuti (2004), data SWOT kualitatif di atas dapat dikembangkan secara kuantitatif melalui perhitungan Analisis SWOT yang dikembangkan oleh Pearce dan Robinson (1998) agar diketahui secara pasti posisi

organisasi yang sesungguhnya. Perhitungan yang dilakukan melalui tiga tahap, yaitu:

1. Melakukan perhitungan skor ( $a$ ) dan bobot ( $b$ ) point faktor serta jumlah total perkalian skor dan bobot ( $c = a \times b$ ) pada setiap faktor S-W-O-T; Menghitung skor ( $a$ ) masing-masing point faktor dilakukan secara saling bebas (penilaian terhadap sebuah point faktor tidak boleh dipengaruhi atau mempengaruhi penilaian terhadap point faktor lainnya. Pilihan rentang besaran skor sangat menentukan akurasi penilaian namun yang lazim digunakan adalah dari 1 sampai 10, dengan asumsi nilai 1 berarti skor yang paling rendah dan 10 berarti skor yang paling tinggi. Perhitungan bobot ( $b$ ) masing-masing point faktor dilaksanakan secara saling ketergantungan. Artinya, penilaian terhadap satu point faktor adalah dengan membandingkan tingkat kepentingannya dengan point faktor lainnya. Sehingga formulasi perhitungannya adalah nilai yang telah didapat (rentang nilainya sama dengan banyaknya point faktor dibagi dengan banyaknya jumlah point faktor).

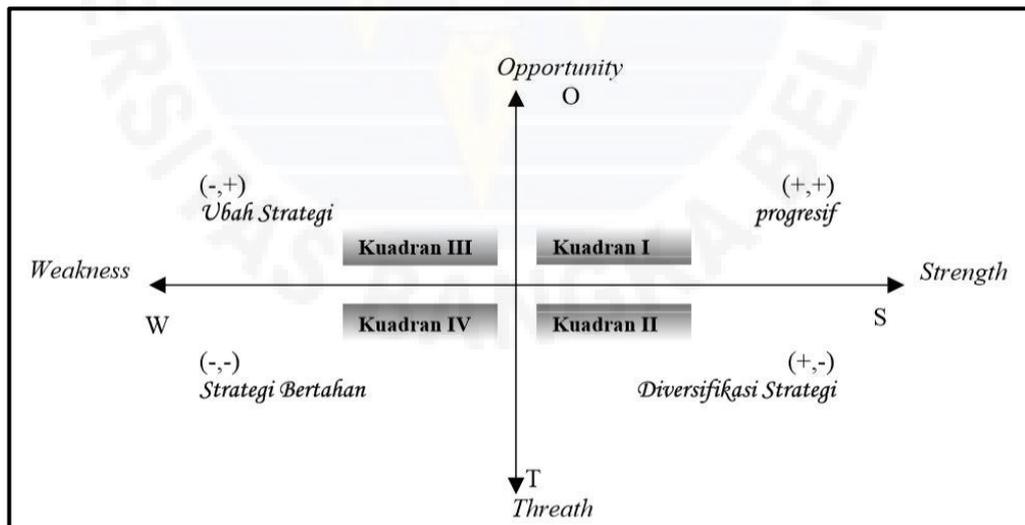
Melakukan pengurangan antara jumlah total faktor  $S$  dengan  $W$  ( $d$ ) dan faktor  $O$  dengan  $T$  ( $e$ ); Perolehan angka ( $d = x$ ) selanjutnya menjadi nilai atau titik pada sumbu X, sementara perolehan angka ( $e = y$ ) selanjutnya menjadi nilai atau titik pada sumbu Y.

2. Mencari posisi organisasi yang ditunjukkan oleh titik ( $x,y$ ) pada kuadran SWOT.

Tabel 2.5 Tabel Perhitungan Posisi Koordinat

NO.	STRENGTH (S)	SKOR	BOBOT	TOTAL
1				
2	Dst.			
	Total Kekuatan			
NO.	WEAKNESS (W)	SKOR	BOBOT	TOTAL
1				
2	Dst.			
	Total Kelemahan			
Selisih Total Kekuatan - Total Kelemahan = S-W = x				
NO.	OPPURTUNITY (O)	SKOR	BOBOT	TOTAL
1				
2	Dst.			
	Total Peluang			
NO.	THREATS (T)	SKOR	BOBOT	TOTAL
1				
2	Dst.			
	Total Ancaman			
Selisih Total Peluang - Total Ancaman = O-T = y				

Sumber : Rangkuti, 2004



Gambar 2.10 Diagram SWOT

Sumber : Rangkuti, 2004

1. Kuadran I (positif, positif)  
Posisi ini menandakan sebuah rancangan yang kuat dan berpeluang, Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Progresif, artinya rancangan tersebut sangat baik sehingga memungkinkan untuk dikembangkan secara maksimal.
2. Kuadran II (positif, negatif)  
Posisi ini menandakan sebuah rancangan yang kuat, namun terdapat tantangan yang besar. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Diversifikasi Strategi, artinya rancangan dalam kondisi baik, akan tetapi terdapat sejumlah tantangan berat sehingga diperkirakan prosesnya akan mengalami kesulitan yang menyebabkan rancangan tersebut terhenti dan tidak memiliki progres kedepan. Dalam hal ini rancangan tersebut disarankan untuk segera memperbanyak ragam strategi taktisnya.
3. Kuadran III (negatif, positif)  
Posisi ini menandakan sebuah rancangan yang lemah namun sangat berpeluang. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Ubah Strategi, artinya rancangan disarankan untuk mengubah strategi sebelumnya. Sebab, strategi yang lama dikhawatirkan sulit mendapatkan peluang yang ada dan sekaligus memperbaiki kinerja rancangan.
4. Kuadran IV (negatif, negatif)  
Posisi ini menandakan sebuah rancangan yang lemah dan menghadapi tantangan besar. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Strategi Bertahan, artinya kondisi internal organisasi berada pada pilihan dilematis. Oleh karena itu rancangan tersebut disarankan untuk menggunakan strategi bertahan, mengendalikan kinerja internal agar tidak semakin terperosok. Strategi ini dipertahankan sambil terus membenahi diri.

### **2.2.11 Kualitas Air**

Menurut Chay Asdak (2002), Kualitas air menjadi bagian yang penting dalam isu pengembangan sumber daya air. Kualitas air dalam hal ini mencakupi keadaan fisik, kimia dan biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk

kehidupan manusia, pertanian, industri, rekreasi dan pemanfaatan sumber air lainnya.

Astri Nugroho (2006), menjelaskan air adalah media internal dan eksternal bagi organisme air (ikan dan udang). Pengetahuan kehidupan perairan meliputi organisme yang hidup pada kolam (ikan, plankton, nekton dan bentos) tetapi juga pengetahuan tentang lingkungan perairan berhubungan dengan kondisi air dan tanah termasuk beban berupa adanya berbagai jenis gas, ion anorganik dan bahan organik, baik yang terlarut maupun tersuspensi dan melayang didalamnya. Dalam dunia budidaya, kualitas air didefinisikan sebagai kesesuaian air untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisme air, pengelolaan kualitas air kolam dimaksudkan untuk meningkatkan dan mempertahankan kualitas air agar layak bagi kehidupan organisme yang dibudidayakan. Dalam pengertian umum, kualitas air mencakup sifat fisika, sifat kimia dan sifat biologis air, faktor-faktor ini secara bersama dan dinamis membuat kondisi kualitas air berbeda, karena perbedaan salah satu faktor tersebut. Kesesuaian air bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan biota, yang umumnya ditentukan beberapa parameter kualitas air yang merupakan parameter kunci yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan ikan diantaranya: oksigen terlarut, BOD, CO<sub>2</sub>, pH, alkalinitas, kesadahan, fosfat terlarut, nitrat, nitrit, kecerahan, suhu dan kelimpahan plankton.

#### **2.2.12 Konsep Pelestarian Air Kulong**

Konsep pelestarian air kulong mengacu pada Undang-Undang Republik Indonesia sebagai berikut:

1. Undang-Undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah Dan Air.
2. Undang-Undang nomor 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
3. Peraturan Pemerintah nomor 78 tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pasca Tambang.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Undang-Undang No 37 tahun 2014 konservasi tanah dan air ini perlu di bentuk karena sampai saat ini pengaturan mengenai konservasi tanah dan air saat ini masih belum memadai dan belum diatur secara terpadu. Sebagai sumberdaya alam yang tidak terbaharukan dan mudah terdegradasi, tanah dan air perlu dilindungi, dipulihkan, ditingkatkan dan dipelihara melalui konservasi tanah dan air. Konservasi Tanah dan Air diartikan sebagai upaya perlindungan, pemulihan, peningkatan dan pemeliharaan fungsi tanah pada lahan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan kehidupan yang lestari.

Undang-Undang No 37 tahun 2014 Pasal 1 tentang ketentuan umum terkaitnya dengan konservasi tanah dan air yang berbunyi sebagai berikut:

1. Tanah dan Air adalah lapisan permukaan bumi yang terdiri atas zat padat berupa mineral dan bahan organik, zat cair berupa air yang berada dalam pori-pori tanah dan yang terikat pada butiran tanah, serta udara sebagai satu kesatuan yang berfungsi sebagai penyangga kehidupan dan media pengatur tata air.
2. Konservasi Tanah dan Air adalah upaya perlindungan, pemulihan, peningkatan, dan pemeliharaan fungsi Tanah pada lahan sesuai dengan kemampuan dan peruntukan lahan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan kehidupan yang lestari.
3. Lahan adalah bagian daratan dari permukaan bumi suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah beserta segenap faktor yang mempengaruhi penggunaannya seperti iklim, relief, aspek geologi dan hidrologi yang terbentuk secara alami maupun akibat pengaruh manusia.
4. Lahan prima adalah lahan yang berfungsi secara baik untuk menumbuhkan tanaman budidaya atau dibudidayakan.
5. Lahan kritis adalah lahan yang fungsinya kurang baik sebagai media produksi untuk menumbuhkan tanaman yang dibudidayakan atau yang tidak dibudidayakan.
6. Lahan rusak adalah lahan yang tidak dapat berfungsi lagi sebagai media produksi untuk menumbuhkan tanaman yang dibudidayakan atau yang tidak dibudidayakan.

Undang-Undang No 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara yang tercantum di ketentuan umum pasal 1 ayat (26), ayat (27), ayat (28) yang berbunyi sebagai berikut:

1. Pasal 1 ayat (26) Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukan.
2. Pasal 1 ayat (27) kegiatan pasca tambang yang selanjutnya adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berkelanjutan setelah akhir kegiatan sebagai rantai seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah penambangan.
3. Pasal 1 ayat (28) pemberdayaan masyarakat adalah usaha untuk meningkatkan kemampuan masyarakat baik secara individual maupun kolektif agar menjadi lebih baik tingkat kehidupannya.

Peraturan Pemerintah RI No 78 tahun 2010 tentang reklamasi dan pasca tambang yang tercantum dalam pasal 4 ayat (1) huruf a, b, c, d, e, dan f yang berbunyi sebagai berikut: Prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pertambangan;

- a. Perlindungan terhadap kualitas air permukaan, air tanah, mutu atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.
- b. Perlindungan dan pemulihan keanekaragaman hayati.
- c. Penjamin terhadap stabilitas dan keamanan timbunan batuan penutup, kolam *tailing*, lahan bekas tambang dan struktur buatan lainnya.
- d. Pemanfaatan lahan bekas tambang sesuai dengan peruntukannya.
- e. Memperhatikan nilai-nilai sosial dan budaya setempat.
- f. Perlindungan terhadap kualitas air tanah sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, penggolongan air menurut peruntukannya yang ditetapkan sebagai berikut:

Kelas I : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.

- Kelas II : Air yang dapat digunakan sebagai prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan, peternakan dan tanaman.
- Kelas III : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan dan mengairi tanaman.
- Kelas IV : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

Tabel 2.9 Penggolongan Air Menurut Peruntukannya Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	<sup>o</sup> C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi < 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO <sub>3</sub> sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub>
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu < 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb < 0,1 mg/L
FISIKA						
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Kualitas air yang baik sangatlah diperlukan untuk kebutuhan hidup manusia, hewan dan tumbuhan. Oleh karena itu kita perlu mengetahui ciri-ciri kualitas air yang baik untuk dikonsumsi khususnya oleh manusia. Peraturan

Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyatakan bahwa Kualitas air yang baik secara fisik adalah:

1. Rasa

Kualitas air bersih yang baik adalah tidak berasa. Rasa dapat ditimbulkan karena adanya zat organik atau bakteri.usur lain yang masuk kedalam badan air.

2. Bau

Kualitas air bersih yang baik adalah tidak berbau, karena bau ini dapat ditimbulkan oleh pembusukan zat organik seperti bakteri serta kemungkinan akibat tidak langsung dari pencemaran lingkungan, terutama sistem sanitasi.

3. Suhu

Secara umum, kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan kenaikan aktifitas biologi sehingga akan membentuk O<sub>2</sub> lebih banyak lagi. Kenaikan suhu perairan secara alamiah biasanya disebabkan oleh aktifitas penebangan vegetasi di sekitar sumber air tersebut, sehingga menyebabkan banyaknya cahaya matahari yang masuk tersebut mempengaruhi akuifer yang ada secara langsung atau tidak langsung.

4. Kekeruhan

Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik, kekeruhan juga dapat mewakili warna. Sedang dari segi estetika kekeruhan air dihubungkan dengan kemungkinan hadirnya pencemaran melalui buangan sedang warna air tergantung pada warna buangan yang memasuki badan air

5. TDS atau jumlah zat padat terlarut (*total dissolved solids*)

Adalah bahan padat yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103°C-105°C dalam portable water kebanyakan bahan bakar terdapat dalam bentuk terlarut yang terdiri dari garam anorganik selain itu juga gas-gas yang terlarut.

Kandungan *total dissolved solids* pada *portable water* biasanya berkisaran antara 20 sampai dengan 1000 mg/l dan sebagai suatu pedoman kekerasan dari air akan meningkatnya *total solids*, disamping itu pada semua bahan cair jumlah koloit yang tidak terlarut dan bahan yang tersuspensi akan meningkat sesuai derajat dari pencemaran (sutrisno, 1991). Zat padat selalu terdapat dalam air dan kalau jumlahnya terlalu banyak tidak baik sebagai air minum, banyaknya zat padat yang diisyaratkan untuk air minum adalah kurang dari 500 mg/l. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan dari pada penyimpangan kualitas air minum dalam hal *total solids* ini yaitu bahwa air akan memberikan rasa tidak enak pada lidah dan rasa mual.

Konservasi sumber daya air dilakukan pada sungai, danau, waduk, rawa, cekungan air tanah, sistem irigasi, daerah tangkapan air, kawasan suaka alam, kawasan hutan dan kawasan pantai. Dengan demikian kulong yang merupakan cekungan tanah yang berisi air dan merupakan danau buatan yang selama ini dapat dimanfaatkan untuk sumber air baku merupakan salah satu sumber daya air yang mesti diperhatikan kelestariannya (Sabri. 2015).

### 2.2.13 Sampel Minimum

Menurut Sugiyono (2018) untuk menghitung besarnya sampel secara matematis dari sesuatu populasi pada suatu kawasan dapat menggunakan rumus Solvin dapat dilihat pada Persamaan 2.30 berikut ini:

$$n = \frac{N}{1 + N d^2} \dots\dots\dots 2.29$$

keterangan :

$n$  = Jumlah elemen/anggota sampel

$N$  = Jumlah elemen/anggota populasi

$d$  = *Error level* (Tingkat kesalahan) umumnya digunakan 1% atau 0,01, 5% atau 0,05, dan 10% atau 0,1.